

## De quelques problèmes posés par l'intervention de la Chimie dans la Nature

*par F. Chastellain*

Héritière des alchimistes, ces chercheurs de pierre philosophale, enclins parfois à mêler quelques pratiques de sorcellerie à leurs mystérieux travaux, la Chimie a pris en un siècle et demi un essor tel qu'elle intervient constamment dans les activités humaines. Lorsqu'elle procure à l'homme de nouveaux éléments de confort ou d'agrément (métaux, matières plastiques, colorants, parfums), elle n'intervient pas dans les processus vitaux; en s'occupant de préparer de nombreux médicaments, elle donne au médecin et au pharmacien de nouvelles armes dans la lutte contre les maladies, et même s'il en résulte des risques d'erreurs et d'inconvénients divers (accoutumance et résistance des bactéries infectieuses aux sulfamides et aux antibiotiques, par exemple), le bilan en sa faveur est si fortement positif qu'on ne peut impartialement élever des critiques de principe à l'égard de son intrusion dans un domaine certes délicat, mais qui reste soigneusement contrôlé par des spécialistes fortement préparés à l'exercice de leur art de guérisseurs.

Il en va autrement lorsque l'intérêt se porte sur l'application extensive et généralisée de produits chimiques au traitement à divers titres des cultures végétales, où les spécialistes bien formés sont rares et où les risques d'erreurs sont grands. De graves mécomptes ayant été enregistrés depuis quelques années, des voix toujours plus nombreuses font appel à une prudence légitime, et il n'est peut-être pas inutile de procéder à un tour d'horizon pour examiner dans quelle mesure certaines critiques sont justifiées par les faits.

La Chimie intervient, quant aux cultures, dans le sol et sur la plante, en se préoccupant d'assurer une bonne alimentation du végétal

et de le défendre contre ses ennemis. Des industries très importantes sont nées, qui ont pour but la préparation de fertilisants, de produits d'amélioration des sols, de substances efficaces dans la lutte contre les parasites (fongicides et insecticides).

C'est de cette activité consciente et visant à aider l'agriculteur que nous désirons discuter ici, laissant volontairement de côté l'effet indirect sur la végétation de l'émission de gaz, de fumées ou de poussières dont s'accompagne souvent la fabrication des produits chimiques, comme d'ailleurs d'une manière générale les opérations industrielles.

Or, la plante constitue un laboratoire où s'effectuent toute une série de réactions délicates, qui en partant d'eau, de gaz carbonique et de substances minérales vont, avec le concours de l'énergie solaire, créer les sucres, les graisses et les protéines sans lesquels l'homme et les animaux ne pourraient subsister. Au cours des années passées, des travaux extrêmement subtils ont introduit beaucoup de clarté dans ce domaine de la photosynthèse, mais ils ont fait ressortir toute la complication des réactions entrant en jeu et leur spécificité due à l'intervention de catalyseurs (ferments) divers et multiples, dont l'activité est sous la dépendance de conditions de milieu très précises et exactement limitées. On comprend donc qu'en modifiant les conditions de vie de la plante, on puisse provoquer des troubles qui ont parfois des répercussions graves sur la qualité des récoltes. Mais aujourd'hui encore nous sommes mal renseignés sur les répercussions à longue échéance de l'intervention des produits chimiques sur les plantes cultivées.

Il n'y a guère plus d'un siècle que LIEBIG a attiré l'attention sur la nécessité de fournir aux plantes les substances minérales nécessaires à leur développement et qu'elles puisent dans le sol arable, mais qui sont enlevées à celui-ci avec les récoltes en provoquant un appauvrissement des terres tel que la qualité des cultures et leur rendement finit par en souffrir gravement.

Les travaux de LIEBIG ont été à l'origine de l'essor pris par l'industrie des engrais chimiques (ou fertilisants minéraux), qui est devenue très importante et dont on ne pourrait plus se passer. Elle s'est occupée d'abord de la préparation des phosphates solubles (par le traitement des os, puis des phosphates minéraux lorsqu'il a été possible d'en faire l'exploitation à grande échelle), à laquelle s'est ajouté le traitement des sels de potasse lorsque des gisements profonds en ont été découverts, et enfin — dernière venue, mais non la moins importante — la fabrication des engrais azotés synthétiques, qui a pris son essor il y a cinquante ans exactement.

On s'est préoccupé dès longtemps de savoir si l'emploi des engrais dits chimiques influe en mal sur la qualité des récoltes, alors que leur effet sur la quantité est indubitablement très important: le rendement par unité de surface a en moyenne plus que doublé, et l'accroissement est dû pour une bonne moitié aux fertilisants minéraux, l'autre moitié provenant de la sélection des semences et d'une meilleure préparation des sols.

Tous les essais, souvent très approfondis, entrepris pour contrôler la qualité des produits agricoles obtenus sur des sols fertilisés aux engrais chimiques, par comparaison avec les récoltes tirées de champs n'ayant jamais reçu d'autres engrais que du fumier de ferme, ont montré une complète équivalence de qualité, si ce n'est même une légère supériorité des premiers.

On peut affirmer très nettement qu'à la condition de veiller à un bon équilibre des éléments fertilisants: phosphore, azote, potassium, calcium, magnésium, et secondairement à la forme saline sous laquelle ils sont employés, l'utilisation des engrais chimiques n'exerce aucune influence fâcheuse sur la qualité des récoltes.

Il faut cependant ajouter qu'à côté des éléments fertilisants utilisés en quantités importantes par les plantes pour leur croissance et leur développement, les cultures exigent de très faibles proportions d'autres éléments chimiques (bore, cuivre, zinc, manganèse, molybdène, cobalt), qui interviennent comme catalyseurs dans les réactions biologiques, et que l'emploi généralisé de ces oligo-éléments peut fort bien conduire à des mécomptes, car leur action phytotoxique n'est pas négligeable dès qu'ils atteignent dans le sol une teneur dépassant le dix-millième environ, même s'ils s'y trouvent sous une forme relativement peu soluble (pour le cuivre, de l'ordre de 200 mgr par kg de terre, comme on a pu le constater sur les vignobles calcaires où des traitements contre le mildiou se sont succédé depuis 60 ans).

Pour défendre les plantes cultivées contre leurs parasites: plantes adventices, désignées comme « mauvaises herbes », champignons microscopiques comme ceux du mildiou et de l'oïdium, bactéries et virus, enfin insectes et acariens ou vers s'attaquant aux racines, aux tiges, aux feuilles, aux bourgeons floraux et aux fruits, toute une gamme de produits chimiques a été préparée et mise à la disposition des agriculteurs, viticulteurs et arboriculteurs.

Ces produits, lorsqu'ils ne sont pas employés en quantités relativement importantes, sont souvent étiquetés de l'épithète « phytopharmaceutiques », c'est-à-dire qu'on leur attribue une action préventive

ou de défense contre le parasite qui n'est pas sans analogie avec celle des médicaments utilisés dans la lutte contre les maladies de l'homme et des animaux domestiques. Mais il existe entre les deux catégories de produits, fabriqués par l'industrie chimique, des différences considérables dans les modalités d'application sur lesquelles il est nécessaire d'attirer l'attention. En effet, les médicaments ne sont délivrés que par le pharmacien, après avoir généralement subi de multiples épreuves de contrôle dans des laboratoires spécialisés, dans les hôpitaux ou dans les instituts vétérinaires, et enfin après avoir reçu l'agrément de l'office administratif compétent. Leur utilisation et leur efficacité sont surveillées et vérifiées par des médecins, que leur études ont généralement bien préparés à cette délicate mission.

D'autre part, les conditions de vie de l'homme et des animaux, qui, du fait de leur mobilité et de leurs sources d'alimentation variées, sont moins exposés qu'une plante, immobile sur un terrain bien déterminé, à une intoxication chronique — ou qui, s'il y a possibilité d'un tel empoisonnement (travail en atmosphère délétère par exemple), peuvent donner l'alerte à temps dans beaucoup de cas — réduisent certainement dans une grande mesure les risques d'erreurs dans l'administration d'un médicament ou ceux qu'entraîne l'exposition prolongée à l'action d'une substance dangereuse.

Et pourtant, ces risques restent suffisamment importants pour qu'on soit mis en garde contre l'abus d'emploi des médicaments tel qu'il se manifeste dans certains pays (Etat-Unis) ou dans certains milieux (étudiants se dopant au moment des examens), tandis que l'apparition de souches de bactéries résistant à l'action antagoniste des sulfamides ou à celle des antibiotiques montre combien il y a lieu d'être prudent dans l'emploi généralisé de nouveaux genres de préparations pharmaceutiques.

Or, on s'est heurté — et on se heurtera encore — dans le domaine des substances utilisées pour la lutte contre les parasites des plantes à des mécomptes de divers ordres, qui obligent à recommander la plus grande circonspection dans l'emploi de produits insuffisamment soumis à l'expérimentation indispensable. Les difficultés, à l'égard desquelles on est — répétons-le — encore très mal et très incomplètement renseignés aujourd'hui, sont d'origine multiple: action sur le parasite lui-même, action sur la culture envisagée, action sur le consommateur de la récolte.

C'est sur la première catégorie de ces difficultés que l'attention s'est surtout portée depuis quelques années. Elles vont être passées

en revue, en cherchant en même temps à connaître les conditions de lutte et les principaux produits « auxiliaires de l'agriculture » proposés au choix du cultivateur.

Parmi ces produits, les plus anciennement utilisés — après les engrais chimiques — sont les fongicides, dont la gamme a été complétée et renouvelée par des découvertes récentes. Ils servent à combattre les nombreux champignons parasites des plantes cultivées, dont certains causent de très graves dégâts. On connaît le danger d'infection par le mildiou de la vigne ou par celui de la pomme de terre, comme celui résultant de la propagation de l'oïdium de la vigne ou des arbres fruitiers, ou encore les pertes causées en viticulture par les diverses formes de pourriture du raisin dues à d'autres parasites cryptogamiques.

Les fongicides classiques, aujourd'hui encore les plus utilisés, sont des substances minérales: sels de cuivre, soufre. Pour éviter l'infestation par le champignon, on effectue préventivement un dépôt protecteur de matière active sur les feuilles, tiges ou grappes. Le cuivre, extrêmement toxique pour la plante s'il est à l'état de sels solubles dans l'eau, est préalablement insolubilisé (par précipitation à la chaux dans la préparation de la bouillie bordelaise à partir du vitriol — ou sulfate de cuivre) ou appliqué directement sous une forme insoluble (sels basiques tels que l'oxychlorure  $3\text{Cu}(\text{OH})^2 \cdot \text{CuCl}^2$  ou ses analogues: oxysulfate ou oxycarbonate). Pour que l'action préventive soit assurée sans qu'il faille trop souvent répéter des traitements coûteux, il faut que la préparation se répartisse uniformément sur les parties de la plante que l'on veut protéger, qu'elle y adhère convenablement et qu'elle résiste au lessivage par les pluies (qualité que l'on désigne par « persistance »), mais il est également nécessaire que la couche protectrice ne soit pas trop épaisse et ne gêne pas l'assimilation chlorophyllienne ou la respiration de la plante, tandis que par raison d'économie il faut limiter le plus possible les quantités utilisées de produits relativement chers. On est donc conduit à augmenter dans la mesure du possible le degré moyen de finesse des particules (micronisation) et à en faciliter la répartition et l'adhérence par l'emploi de produits émulsionnants ou collants.

Pour le cuivre, on admet que sous l'action de l'humidité atmosphérique et du gaz carbonique de l'air, ou des acides organiques sécrétés par la plante, de très faibles quantités de cuivre entrent constamment en solution et s'opposent à la germination des spores du champignon parasite. Le soufre élémentaire, finement broyé ou précipité, reste lui-aussi comme dépôt sur les organes de la plante qu'il doit protéger contre l'infestation par le parasite, son action protectrice étant due

à son oxydation lente par l'oxygène de l'air, que facilite le rayonnement solaire, et par conséquent à l'acide sulfureux dont on connaît bien les propriétés toxiques à l'égard des levures, autres champignons microscopiques.

La raréfaction du cuivre lors des périodes de troubles internationaux, les variations de grande amplitude de son prix unitaire dues à des manifestations économiques généralement imprévisibles, sont pour l'utilisateur agricole la cause de soucis qui ont provoqué la recherche et l'étude de produits anticryptogamiques ne contenant que peu ou pas du tout de cuivre. Ainsi sont apparus récemment les fongicides organiques sous la forme de produits contenant dans leurs molécules du soufre lié au carbone et spécifiquement actifs contre une catégorie ou un genre déterminé de champignons parasites. Ce sont en particulier le ZINEBE, ou éthylène-bis-dithiocarbamate de Zinc, et le CAPTANE, ou tétrahydro-thiophthalimide.

On s'est emballé, sans justification par une expérience suffisamment poussée et prolongée, sur ces produits nouveaux, que d'aucuns prédisaient devoir à très bref délai remplacer avantageusement les vieilles préparations cupriques — ou soufrées — pourtant dûment éprouvées par des générations de cultivateurs. On a généralisé en hâte des constatations (augmentation apparente des rendements par exemple) que l'on n'a pu par la suite répéter, on a mis l'accent sur une phytotoxicité du cuivre problématique aux doses et sous les conditions usuelles d'emploi des produits utilisés, avant de reconnaître que finalement le cuivre est — jusqu'à découverte de nouveaux produits actifs — irremplaçable (tout au moins dans une certaine mesure).

Des expériences plus poussées avec les nouveaux fongicides ont montré que, par exemple, leur spécificité très marquée envers un parasite cryptogamique bien déterminé (mildiou) ne protège aucunement, à l'encontre des dérivés cupriques, contre l'infestation par d'autres microorganismes (oïdium), si bien qu'en combattant le premier on laisse le champ libre aux autres, qui se développent avec vigueur dans des conditions où on ne les aurait pas observés auparavant. Des actions particulières sur la plante se sont manifestées: jaunissement précoce du feuillage, apparition prématurée des colorations automnales. Enfin, on a signalé une influence de ces substances sur la vinification lorsqu'elles persistent sur la grappe jusqu'à la vendange: retard de la fermentation dû aux traces de zinc, apparition de faux-goûts dans le vin.

Qu'on nous comprenne bien, il ne s'agit nullement de refréner l'enthousiasme inventif des chercheurs ou de douter des ressources qu'iné-

vitablement un jour prochain ou lointain on trouvera dans l'arsenal de l'industrie chimique pour la lutte entreprise contre les ennemis des plantes, mais bien d'insister sur la nécessité de connaître à fond une arme chimique avant d'en autoriser l'emploi à grande échelle par des usagers qui sont dans l'impossibilité de remédier eux-mêmes à ses inconvénients, s'il s'en présente, ou de trouver dans leur voisinage les conseils éclairés de phytopharmaciens ou de phytomédecins (si l'on peut ainsi dire), que jusqu'ici l'on n'a pas prévu de former pour cette tâche délicate.

Nous rencontrerons des faits analogues: enthousiasme prématuré, conclusions hâtives, surprises d'application pratique, défaut de spécialistes bien formés et pouvant bien conseiller, en examinant ce qui s'est passé dans l'utilisation des insecticides.

Jusqu'à la dernière guerre mondiale, l'arsenal des produits de lutte contre les ravageurs des cultures appartenant à la classe des insectes ou à l'ordre des acariens (de la classe des arachnides) était assez pauvrement fourni en armes efficaces. On connaissait quelques poisons minéraux: arséniate de calcium et de plomb, fluosilicates, à côté desquels se trouvaient quelques produits végétaux: poudre ou extrait de pyrèthre, racine de derris, jus de tabac ou nicotine que l'on en retire.

C'est au cours de patientes et très systématiques recherches, faites pendant une série d'années pour mettre au point une préparation permettant de préserver la laine contre l'appétit des larves de mites, qu'une des grandes fabriques bâloises de produits chimiques, la maison GEIGY, fut amenée à s'occuper de la protection des cultures par l'emploi d'une substance organique, le dichlordiphényl-trichloréthane, ou D. D. T., dont ses chercheurs venaient de reconnaître l'étonnant effet toxique sur les insectes, alors que cette substance était elle-même connue depuis près de trois-quarts de siècle. Cette découverte, qui fait véritablement époque et qui a valu très justement le prix Nobel de médecine à son auteur, le chimiste bâlois Paul MULLER, pour ses répercussions sur les conditions de lutte contre les parasites humains inoculateurs de maladies infectieuses épidémiques et endémiques, a incité les chimistes organiciens à vouer leur attention et leur esprit inventif à la recherche d'autres produits insecticides de synthèse.

Bientôt fut reconnue l'action toxique également efficace d'un autre dérivé chloré, l'hexachlorocyclohexane ou H. C. H., sous la forme de son stéréoisomère gamma (d'où son autre désignation: GAMEXANE). Puis suivirent d'autres découvertes d'insecticides organiques chlorés;

il n'est pas indispensable pour notre propos de nous étendre sur leurs formules de constitution ou sur leurs qualités particulières.

Une autre et très grande catégorie d'insecticides de synthèse est celle des éthers phosphoriques. Il s'agissait, lors des premières mises au point de fabrications de substances de ce groupe, de compléter l'arsenal des produits chimiques de combat éventuellement utilisables en cas de guerre. Ces premiers éthers phosphoriques sont des poisons extrêmement actifs, agissant sur le système nerveux et toxiques aussi bien à l'égard de l'homme et des animaux domestiques qu'à celui des insectes. Il est curieux que des substances aussi dangereuses, dont l'emploi en cas de guerre n'était pas envisagé sans une légitime appréhension, aient pu aussi facilement servir de modèles pour la lutte antiparasitaire, alors même que les chimistes qui les maniaient — et avec quelles précautions — avaient parfois été victimes d'accidents graves, voire mortels.

Toute une gamme d'éthers phosphoriques, plus ou moins complexes — plusieurs centaines — a en quelques années été proposée pour la lutte contre les insectes ravageurs des cultures. L'un des mieux connus est le PARATHION, ou éther diéthyl-paranitrophényl-thiophosphorique.

Les insecticides connus opèrent de trois manières différentes dans leur principe: par étouffement en agissant sur les organes respiratoires (huiles minérales, acide cyanhydrique), par ingestion en étant introduits dans le corps de l'animal en même temps que la feuille, le bourgeon ou le fruit qu'il dévore, et enfin par contact en opérant sur le système nerveux de l'insecte dès qu'il s'est simplement posé sur une surface quelconque préalablement traitée.

Si des succès spectaculaires ont été constatés dès l'emploi généralisé des insecticides de synthèse (disparition des mouches si ennuyeuses et si malfaisantes à la campagne, anéantissement des moustiques dans les régions marécageuses, élimination des punaises et des poux parasitant l'homme et lui transmettant de graves maladies épidémiques, comme le typhus), il est en compensation apparu divers inconvénients qui ont fortement tempéré après coup l'enthousiasme un peu imprudent des premiers usagers de ces produits.

D'abord, et c'est une conséquence que l'on n'envisage pas assez dans sa gravité lorsqu'on s'occupe de pareilles questions, on ne s'attaque pas sans risques à l'équilibre biologique qui s'est réalisé tout naturellement entre les insectes que nous considérons comme nuisibles parcequ'ils causent des dégâts à nos cultures et ceux que nous taxons



d'utiles parcequ'ils s'attaquent aux premiers ou nous rendent des services appréciables (fécondation des fleurs). Mais les substances toxiques pour les uns le sont malheureusement tout autant pour les autres, soit qu'ils entrent occasionnellement en contact avec les surfaces traitées, soit qu'ils soient intoxiqués par leurs proies. Et parmi les insectes utiles, certains s'attaquent à des parasites (acariens, pucerons) qui résistent assez bien aux traitements par les produits chimiques utilisés contre d'autres ravageurs des cultures, et qui finalement se développeront sans frein aucun lorsque leurs prédateurs auront, eux-aussi, été les victimes des substances toxiques répandues sur les plantes. C'est ainsi qu'on a assisté à un pullulement presque catastrophique d'acariens, comme l'araignée rouge qui dévaste certaines plantations (fraises, vignes, arbres fruitiers).

Puis est apparue une conséquence qu'on n'avait pas envisagée mais qui découle d'un principe général: à toute action perturbatrice s'oppose une réaction tendant à rétablir l'équilibre momentanément détruit. Les insectes ont manifesté une résistance croissante aux produits toxiques, c'est-à-dire que par une sélection naturelle n'ont survécu et fait souche que les individus dont l'organisme supportait le poison, ou qui n'en ayant absorbé que des doses trop faibles pour en mourir se mithridatisaient contre une intoxication ultérieure. Leurs descendants ont résisté de mieux en mieux aux traitements qui au début exterminaient de façon pratiquement complète leurs semblables. On se souvient en Valais de la résistance opposée par les mouches aux traitements par le D. D. T. après quelques campagnes de destruction apparemment victorieuses à titre définitif.

Cette apparition de variétés résistantes est un fait général, on l'a constaté avec les moustiques, avec les poux dans la guerre de Corée, avec les chenilles du carpocapse des pommes et avec bien d'autres espèces d'insectes. On l'observe aussi bien avec l'H. C. H. qu'avec le D. D. T., avec les arsénates comme avec les éthers phosphoriques, et même avec l'acide cyanhydrique pourtant si nocif. Elle est probablement en relations, au moins en partie, avec le jeu des mécanismes biologiques qui opèrent dans les tissus vivants. On a en particulier assez bien étudié ce qui se passe dans le cas du D. D. T. et constaté que d'une part l'insecte résistant est capable de neutraliser une quantité plus importante de l'agent toxique en l'enrobant de matière grasse, tandis que d'autre part, il se produit ce que l'on a appelé une «détoxification» par une transformation du produit actif en substances inactives sous l'action d'enzymes particulières (le D. D. T. étant amené à l'état de

dérivé éthylénique — dichlor-diparachlorphényl-éthylène — ou de dérivé acétique — acide bis-parachlorphényl-acétique).

Le caractère de résistance à l'action du poison ainsi acquis n'est pas à la longue spécifique, c'est-à-dire que la résistance d'abord limitée à un seul insecticide s'étend plus ou moins rapidement à d'autres: les mouches supportant des doses relativement considérables de D. D. T. sont d'abord sensibles à l'H. C. H., puis des variétés de plus en plus réfractaires à l'action du poison apparaissent à leur tour, jusqu'à ce que finalement tous les produits chlorés expérimentés deviennent plus ou moins inefficaces.

Rien ne paraît s'opposer à ce que la résistance acquise aux insecticides chlorés ne s'étende à d'autres catégories de toxiques. Si un tel phénomène s'est avéré comme très général au cours d'observations faites depuis quelques années seulement, il n'était pas absolument imprévisible, car l'apparition de souches résistant au poison a été signalée il y a déjà bien des années, (MELANDER, en 1914, pour le Pou de San-José devenu insensible à l'action des polysulfures, a probablement été le premier à faire une telle constatation). Faut-il alors se rallier aux vues peut-être prophétiques, mais en tout cas pessimistes, de HOWARD dans son livre publié en 1931 et intitulé « la Menace des insectes » ? Nous n'avons pas le droit de désespérer de l'ingéniosité mise par l'homme dans sa défense contre les ennemis de ses cultures.

Ce que l'on peut dire, cependant, c'est qu'en axant trop unilatéralement la lutte contre les insectes sur les produits chimiques, au vu d'exemples trop prometteurs et trop frappants, on s'est probablement engagé dans une impasse dont il faudra bien, tôt ou tard, sortir pour mettre à leur juste place les insecticides de synthèse et ne plus négliger d'autres mesures efficaces contre la pullulation des insectes nuisibles (assèchement des marais, lutte biologique, limitation de la monoculture à de moins grandes surfaces, rotation aussi fréquente que possible des principales cultures).

Mais là ne s'arrêtent pas les questions soulevées par l'emploi généralisé des insecticides. En particulier leur innocuité à l'égard des animaux supérieurs n'est pas de loin aussi absolue qu'on l'avait primitivement supposé pour les dérivés chlorés. Ceux-ci sont sélectivement mis en réserve dans les graisses et s'y accumulent jusqu'à atteindre des concentrations qui deviennent dangereuses pour l'homme ou le bétail. On s'est inquiété de la contamination possible du lait et du beurre, et il n'apparaît pas qu'une réfutation entièrement satisfaisante des craintes émises ait été faite.

En outre, les produits chlorés ont une stabilité qui peut être remarquable suivant le milieu où ils se trouvent (les éthers phosphoriques paraissent être moins persistants, d'une manière générale). En terre, ils ne se détruisent que très lentement et leur action sur ce milieu vivant qu'est le sol arable, où abondent des microorganismes utiles et même indispensables à la prospérité des cultures, est très probablement nocive dès qu'une concentration suffisante est atteinte. On l'avait déjà constaté avec les arsénates; on sait également qu'une accumulation du cuivre dans le sol expose à des mécomptes.

De plus, des impuretés ou des produits de transformation des substances organiques employées peuvent jouer un rôle néfaste quant à la qualité des récoltes. Il suffit de rappeler qu'au début de son utilisation, l'H. C. H. était accompagné de substances chlorées, de composition voisine de la sienne propre, dont l'odeur et le goût de moisi extrêmement prononcés ont rendu inconsommables pendant plusieurs années les récoltes faites sur un terrain traité avec ce produit.

Nous ignorons encore si, dans leur lente destruction dans le sol, les substances toxiques en question n'engendrent pas des dérivés dangereux pour les cultures ou pour l'homme et les animaux domestiques. Un rappel de l'empoisonnement des pâturages uranais par les bombes fumigènes de l'armée, avec destruction répétée du cheptel, devrait inciter à la prudence quant à l'estimation des suites lointaines de l'emploi massif et répété de produits auxquels il est encore impossible d'attribuer une innocuité absolue. Dans le même ordre d'idées, on peut évoquer les constatations faites aux Etats-Unis, où l'on a vérifié qu'une atmosphère souillée par de très petites quantités de gaz délétères, guère supérieures au milliardième, peut devenir dangereuse pour les végétaux du voisinage, et par voie de conséquence pour les animaux qui s'en nourrissent, si l'action se prolonge tout au long de l'année.

De telles intoxications ne peuvent être démontrées que par des examens très minutieux, en faisant appel à des méthodes d'analyse d'une sensibilité exceptionnelle, ce qui explique qu'il soit très difficile de les déceler.

L'accumulation des produits toxiques dans certaines parties de la plante, dans des conditions particulières d'application, est un fait avéré. Mais il s'agit peut-être d'une propriété plus générale qu'on ne le croit. On a par exemple parlé de l'accumulation possible du parathion dans le pollen ou dans le nectar des fleurs de colza, cause éventuelle des intoxications tardives d'abeilles butineuses.

Avec l'introduction dans la pratique des produits dits systémiques, c'est-à-dire qui sont véhiculés avec la sève dans les tissus de la plante et empoisonnent alors les pucerons suceurs, le danger d'actions néfastes sur la plante elle-même, ou sur ses consommateurs humains ou animaux domestiques, ne peut plus être sous-estimé.

Revenant à ce que nous avons dit au début de cet exposé, il nous faut insister sur le fait que les réactions qui se produisent dans les organismes vivants, et qui déterminent la croissance et le développement ou l'entretien des individus, végétaux comme animaux, forment une série de mécanismes extrêmement délicats et très précisément réglés, qu'il est facile d'entraver dans leur action par de subtils poisons. Ces mécanismes mettent en jeu des catalyseurs du type des ferments, c'est-à-dire des substances qui déclenchent et contrôlent la réaction chimique, tout en se retrouvant apparemment intactes une fois l'opération accomplie. On soupçonne que les poisons insecticides détruisent certains de ces catalyseurs, ce qui empêche l'accomplissement de processus vitaux essentiels et entraîne à bref délai la mort du sujet. Cela a été vérifié pour la cholinestérase en particulier.

La formation des tissus, la respiration et l'assimilation sont commandées par ces subtils mécanismes. Le maintien par exemple de la température du corps à une valeur fixe, qui est la caractéristique des animaux supérieurs, dits à sang chaud, est dû à la combustion à la fois extrêmement graduée et progressive, d'un très haut rendement énergétique, des aliments. L'opération est donc très différente de la combustion dans un foyer ou dans un moteur mécanique, où l'oxydation est brutale et ne s'effectue qu'avec un assez médiocre rendement. L'hydrogène des aliments est brûlé dans une suite de réactions, pour être finalement éliminé comme eau par les reins, par la peau ou par les poumons; le carbone est oxydé dans une autre série de réactions et est éliminé en une dernière opération par les poumons sous la forme de gaz carbonique; ce dernier est remplacé dans le sang par l'oxygène, qui va renouveler ces combustions une fois parvenu au sein des cellules où elles s'opèrent.

Il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail de ces transformations, il suffit d'insister sur l'extrême fragilité des mécanismes entrant en jeu et de faire comprendre qu'on ne peut, sans courir d'assez gros risques, introduire des poisons violents dans les organes où opèrent des catalyseurs fragiles et très exclusivement spécifiques.

Que faut-il conclure de ce que nous avons exposé, en nous bornant aux faits essentiels ? Non pas, certes, à la faillite des recherches entre-

prises dans une voie relativement nouvelle par les laboratoires de synthèse des produits chimiques organiques, car l'étude de la préparation de produits nouveaux et la détermination de leurs propriétés et qualités est une condition nécessaire du progrès de nos connaissances théoriques et pratiques. Pas davantage à un recul nous ramenant à l'époque où nous ne disposions que d'armes insuffisantes pour faire échec à la menace constamment accrue des ennemis de nos cultures. Mais, par contre, à la nécessité d'une très grande prudence dans la mise en pratique de produits nouveaux, dont les avantages et les inconvénients ne peuvent être déterminés qu'après de nombreuses et longues expériences. L'emballement, l'enthousiasme incontrôlé, ne sont pas compréhensibles dans un tel domaine de la part de spécialistes, qui au contraire, devraient professionnellement être prudents et dubitatifs. Sinon on peut craindre de voir se renouveler l'histoire de l'apprenti-sorcier, qui s'est trouvé entraîné beaucoup plus loin qu'il ne l'avait prévu et supposé avant de commencer son expérience.

Egalement, il faut conclure à l'obligation de ne plus négliger d'autres moyens de parvenir au but envisagé, en particulier de se vouer activement à la sélection de plantes résistant aux attaques des parasites. On peut aussi songer à d'autres modes d'action sur ces derniers, ce qu'une connaissance plus approfondie de leurs conditions d'existence et de développement a déjà permis de réaliser dans certains cas. Enfin, on peut renforcer l'action insuffisante de produits relativement peu nocifs en les associant à des substances susceptibles de réaliser avec eux le phénomène de la synergie.

Sans doute, l'homme de science a-t-il joué aussi inconsciemment le rôle de l'apprenti-sorcier dans d'autres directions. L'histoire de la bombe atomique est à cet égard riche d'enseignements. Retenons comme moralité que la science ne doit pas être un but en soi, mais un moyen qu'il faut utiliser avec prudence et doigté. Et rappelons ce qu'a déjà formulé RABELAIS: science sans conscience n'est que ruine de l'âme.

---

## Bibliographie sommaire:

Pour les lecteurs qui désireraient approfondir les questions soulevées dans notre exposé, fait devant l'assemblée de printemps des membres de la «Murithienne», nous donnons quelques titres de publications facilement accessibles, qui renvoient elles-mêmes aux nombreux travaux originaux.

1. — A. MIRIMANOFF: L'emploi des engrais chimiques exerce-t-il une influence sur la valeur nutritive des fruits et des légumes, ainsi que sur la santé publique ? — *Revue horticole suisse* 28, 144-146, (mai 1955).
  2. — P. LAEUGER, H. MARTIN et P. MULLER: Ueber Konstitution und toxische Wirkung von natürlichen und neuen synthetischen insektentötenden Stoffen. — *Helvetica Chimica Acta*, 27, 892-928, (1944).
  3. — P. GIBAN: La lutte contre les parasites et les maladies des plantes: Moyens, avantages, dangers. — Publications de l'assemblée générale de la C. E. A. à Weggis (Lu.), les 3-9 octobre 1954, 22 pages.
  4. — P. PESSON: Les rapports de la lutte chimique et de la lutte biologique contre les ennemis des cultures. — *Bulletin technique d'information des ingénieurs des services agricoles*, Paris, 94, 643-648, (novembre 1954).
  5. — J. LHOSTE: Adaptation des insectes aux insecticides. — *Chimie et Industrie*, 74, 681-692, (octobre 1955).
  6. — P. BOVEY et A. SAVARY: Les esters phosphoriques dans la lutte contre les insectes et les acariens nuisibles. — *Revue romande d'agriculture* 5, 1-3, (janvier 1949).
  7. — R. METCALF: Les insectes contre les insecticides. — *Atomes* 83, 49-53, (février 1953).
  8. — G. MATHYS: La lutte contre l'araignée rouge. — *Revue romande d'agriculture* (mai 1955).
  9. — L. BOURDIER: Les fongicides organiques et organo-cupriques dans le vignoble angevin. — *La Potasse*, No 225, 85-87, (mai-juin 1955).
  10. — H. GYSIN: Les nouveaux insecticides. — *Chimia*, septembre et octobre 1954.
  11. — R. RIEMSCHEIDER: Constitution chimique et action insecticide. — *Chimie et Industrie*, 72, 261-270, 435-443, (août-septembre 1954).
-